

Рис. 1. Рост слоя кокса на стенках трубки в течение 6 дней

ление процесса, атм, E_j — энергия активации реакции j , Дж/моль, T — температура процесса, °К.

Вторая состоит из 11 дифференциальных уравнений. Они описывают изменения концентраций компонентов, входящих в рассматриваемую смесь углеводородов, по времени [1]:

$$\frac{dC_k}{d\tau} = \sum_{i,j} a_{i,j} \cdot K_j \cdot C_i$$

где C_i , C_k — концентрация компонента i , k , моль/л, τ — время контакта, с, $a_{i,j}$ — стехиометрический коэффициент компонента i в реакции j . Полученная система уравнений решается методом Рунге-Кутты первого порядка.

В работе модели учитывается нестационарность процесса, то есть, параметры системы

меняются с течением астрономического времени. Позволяет проводить в модели также расчет концентрации кокса по формуле ниже и, соответственно, толщину его отложений на стенках труб печи пиролиза [3].

$$\frac{dC_{\text{кокса}}}{d\tau} = K_8 C_{\text{кокса}} - \exp(0,023 \cdot C_{\text{кокса}} - 1) \cdot G^{0,8} \cdot (D - 2 \cdot \delta)^{-1,8}$$

где G — массовый расход сырья, кг/с, D — диаметр трубки, мм, δ — толщина отложений кокса, мм.

На рисунке 1 представлен результат работы модели в течение небольшого промежутка времени, описывающие накопление слоя кокса на стенках труб печи пиролиза.

Список литературы

1. Самедов Ф.А., Морозов А.Ю., Самойлов Н.А., Просочкина Т.Р. Математическое моделирование нестационарного процесса пиролиза углеводородов // *Нефтехимия*, 2019.— №2.— С.143–151.
2. Жоров Ю.М. Моделирование физико-химических процессов нефтепереработки и нефтехимии.— М.: Химия, 1978.— 376 с.
3. Fernandez-Baujin J.M., Solomon S.M. New reactor design offers benefits // *Oil Gas J.*, 1976.— V.74.— P.94–95.

РАЗРАБОТКА ФОРМАЛИЗОВАННОЙ СХЕМЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ ЦЕОФОРМИНГА СТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА

Р.А. Быков, А.А. Алтынов

Научный руководитель — к.т.н., доцент М.В. Киргина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, mr.baroman@yandex.ru

Рост спроса на автомобильные топлива ведет к разработке и поискам новых технологий их получения. Также с каждым годом растет про-

блема рационального использования попутного нефтяного газа и стабильного газового конденсата. Совокупным решением данных проблем

является использование стабильного газового конденсата в качестве сырья для получения высокооктановых компонентов моторных топлив.

Стабильные газовые конденсаты (СГК) представляют собой жидкие продукты, состоящие в основном из углеводородов C^{5+} , получаемые на нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождениях как побочные продукты подготовки природного газа [1].

Одним из перспективных направлений с точки зрения производства высокооктановых компонентов автомобильных бензинов является процесс переработки СГК на цеолитных катализаторах – цеоформинг. Используемые в данном процессе катализаторы – цеолиты, обладают кислотными свойствами, которые обеспечивают глубокое превращение парафинов и олефинов, а также неполное превращение монометилпарафинов и нафтенос [2].

Высокооктановый компонент автомобильного бензина, получаемый в процессе цеоформинга, характеризуется определенным групповым составом и, как следствие, октановым числом. Данные характеристики зависят от состава исходного сырья и при переработке СГК различных месторождений могут существенно различаться.

Целью данной работы является разработка формализованной схемы превращений веществ в процессе цеоформинга СГК.

Для достижения поставленной цели были проанализированы хроматограммы СГК и продуктов его переработки на цеолите при температуре 375, 400, 425 °С, давлении 0,25 МПа, объемной скорости подачи сырья 2 ч⁻¹ [2].

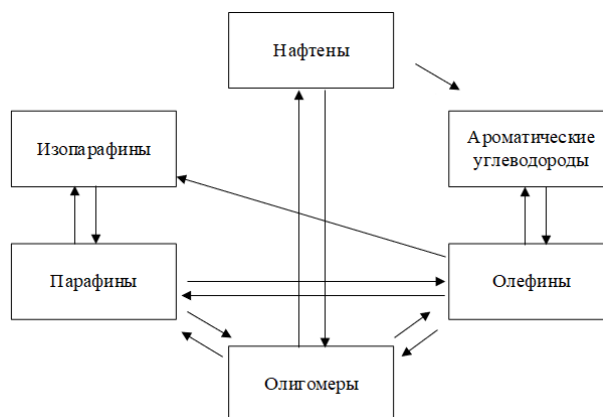


Рис. 1. Формализованная схема превращения углеводородов СГК на цеолитных катализаторах

В результате анализа хроматограмм были составлены списки веществ, содержание которых в сырье и продуктах превышает 1 % мас.

Полученный список для сырья включает в себя 19 веществ, в т.ч. 11 парафинов, 1 олефин, 7 нафтенос; для продуктов включает в себя 34 вещества, в т.ч. 18 парафинов, 4 олефина, 6 нафтенос, 6 ароматических углеводородов. На следующем этапе работы, для выбранных углеводородов, был составлен перечень теоретически возможных реакций превращения сырья в продукты [3, 4].

Таким образом на основании литературного обзора и термодинамического анализа протекающих реакций была составлена групповая формализованная схема превращения углеводородов СГК на цеолитном катализаторе. Формализованная схема приведена на рисунке.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации №МК-351.2020.3.

Список литературы

1. Пименов Г.Г. Стабильный газовый конденсат – надежный поставщик доходов в бюджет РФ // Национальные экономики в условиях глобальных и локальных трансформаций: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Армения, Грузия, 2017.– С.115–119.
2. Алтынов А.А., Богданов И., Белинская Н.С., Попок Е.В., Киргина М.В. Производство автомобильных бензинов с использованием стабильного газового конденсата и продуктов процесса «Цеоформинг» в качестве смешанных компонентов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2019.– №2.– С.217–242.
3. Суханов В.П. Каталитические процессы в нефтепереработке.– М.: Химия, 1979.– 343 с.
4. Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти.– М.: Химия, 1976. 311 с.